

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

EPAB

CLIPPEDIMAGE= DE004320930A1

PUB-NO: DE004320930A1

DOCUMENT-IDENTIFIER: DE 4320930 A1

TITLE: Method for digital signal transmission

PUBN-DATE: January 5, 1995

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

LUDSZUWEIT, AXEL DIPL ING

DE

SCHNIEDEWIND, GERD DIPL ING

DE

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

KOMMUNIKATIONS ELEKTRONIK

DE

APPL-NO: DE04320930

APPL-DATE: June 24, 1993

PRIORITY-DATA: DE04320930A (June 24, 1993)

INT-CL (IPC): H04L025/49

EUR-CL (EPC): H04L025/49

US-CL-CURRENT: 375/268

ABSTRACT:

A method is indicated for digital signal transmission, with which bits of a

binary data stream are transmitted using a converter as a pulse amplitude-modulated transmission signal with at least four amplitude stages via

a line with metal conductors. To convert the binary data, bit combinations in

each case of  $n \geq 2$  temporally consecutive bits of the binary data stream are

initially converted by a coder into one of  $2^n$  addresses corresponding to  $2^n$

amplitude stages of the transmission signal. Depending on the respective

current bit combination, an address is then transmitted from the coder to a

memory in which a number of pulse strings with different keying ratios

corresponding to the number of amplitude stages of the transmission signal are

stored. One of the pulse strings is assigned in each case to one of the

amplitude stages. According to the respective address of the coder, one of the

pulse strings is then loaded in each case into a parallel/serial converter.

The contents of the converter are continuously read out and fed to a forming



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑩ DE 43 20 930 A 1

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
H 04 L 25/49

②1 Aktenzeichen: P 43 20 930.0  
②2 Anmeldetag: 24. 6. 93  
②3 Offenlegungstag: 5. 1. 95

DE 43 20 930 A 1

⑦1 Anmelder:  
Ke Kommunikations-Elektronik GmbH & Co, 30179  
Hannover, DE

⑦2 Erfinder:  
Ludszuweit, Axel, Dipl.-Ing., 30855 Langenhagen,  
DE; Schniedewind, Gerd, Dipl.-Ing., 30419 Hannover,  
DE

⑤4 Verfahren zur digitalen Signalübertragung

⑤7 Es wird ein Verfahren zur digitalen Signalübertragung angegeben, mit welchem Bits eines binären Datenstroms unter Einsatz eines Umsetzers als pulsamplitudenmoduliertes Sendesignal mit mindestens vier Amplitudenstufen über eine Leitung mit metallischen Leitern übertragen werden. Zur Umsetzung der binären Daten werden zunächst Bitkombinationen von jeweils  $n \geq 2$  zeitlich aufeinander folgenden Bits des binären Datenstroms durch einen Coder in eine von  $2^n$  Adressen entsprechend  $2^n$  Amplitudenstufen des Sendesignals umcodiert. Vom Coder wird dann in Abhängigkeit von der jeweils anstehenden Bitkombination eine Adresse an einen Speicher übertragen, in dem eine der Anzahl der Amplitudenstufen des Sendesignals entsprechende Anzahl von Pulsfolgen mit unterschiedlichen Tastverhältnissen gespeichert ist. Jeweils eine der Pulsfolgen ist einer der Amplitudenstufen zugeordnet. Nach Maßgabe der jeweiligen Adresse des Coders wird anschließend jeweils eine der Pulsfolgen in einen Parallel/seriell-Wandler geladen. Der Inhalt des Wandlers wird kontinuierlich ausgelesen und einer Formungseinheit zugeführt, deren Ausgangssignal als Sendesignal auf die Leitung gegeben wird.

DE 43 20 930 A 1

## DE 43 20 930 A1

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur digitalen Signalübertragung, mit welchem Bits eines binären Datenstroms unter Einsatz eines Umsetzers als pulsamplitudenmoduliertes Sendesignal mit mindestens vier Amplitudenstufen über eine Leitung mit metallischen Leitern übertragen werden (DE-Z "FREQUENZ", 45 (1991), Seiten 15 bis 22).

Die bestehenden Fernmeldenetze mit Kupferleiter aufweisenden Nachrichtenkabeln stellen ein im Erdboden liegendes erhebliches Vermögen dar. Diese Nachrichtenkabel sollen trotz des Vormarsches der optischen Übertragungstechnik weiter verwendet werden. Man ist daher bemüht, die Ausnutzung vorhandener Nachrichtenkabel zu verbessern. Dazu gehören beispielsweise die Vergrößerung der Reichweite der Übertragung ohne zwischengeschaltete Regeneratoren und die Erhöhung der zu übertragenden Datenrate.

Für die digitale Übertragung von Signalen wird gemäß der eingangs erwähnten DE-Z "FREQUENZ" beispielsweise ein System mit einer Datenrate von 2,048 Mbit/s eingesetzt. Der binäre Datenstrom wird dabei im Sender in mehrstufige, pulsamplitudenmodulierte Sendesignale umgesetzt, welche über die Kupferleiter eines Nachrichtenkabels zu einem Empfänger übertragen werden. Diese Druckschrift befaßt sich i.w. mit der Empfängerseite des Übertragungssystems. Es ist nur darin erwähnt, daß für die Übertragung auf der Senderseite eine redundanzfreie quaternäre Leitungscodierung angewendet wird.

Dazu wird der 2B1Q-Leitungscode eingesetzt, bei welchem jeweils zwei Bits eines binären Datenstroms in eine von vier Amplitudenstufen eines quaternären Datenstroms umgewandelt wird. Wie diese Umwandlung durchgeführt wird, ist in der Druckschrift nicht angegeben.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, für das eingangs geschilderte Verfahren eine einfache Maßnahme zur Umsetzung der digitalen Signale in über Kupferleiter übertragbare Sendesignale anzugeben.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung dadurch gelöst,

- daß zunächst Bitkombinationen von jeweils  $n \geq 2$  zeitlich aufeinander folgenden Bits durch einen Coder in eine von  $2^n$  Adressen entsprechend  $2^n$  Amplitudenstufen des Sendesignals umcodiert werden,
- daß vom Coder in Abhängigkeit von der jeweils anstehenden Bitkombination eine Adresse an einen Speicher übertragen wird, in dem eine der Anzahl der Amplitudenstufen des Sendesignals entsprechende Anzahl von Pulsfolgen mit unterschiedlichen Tastverhältnissen gespeichert ist, von denen jede einer der Amplitudenstufen zugeordnet ist,
- daß nach Maßgabe der jeweiligen Adresse des Coders jeweils eine der Pulsfolgen in einen Parallel/seriell-Wandler geladen wird und
- daß der Inhalt des Wandlers kontinuierlich ausgelesen und einer Formungseinheit zugeführt wird, deren Ausgangssignal als Sendesignal auf die Leitung gegeben wird.

Bei diesem Verfahren wird die Tatsache ausgenutzt, daß die Dämpfung der Signale auf dem durch die Kupferleiter gebildeten Übertragungsweg bei niedrigen Frequenzen geringer ist. Die Symbolfrequenz des analogen Sendesignals wird gegenüber der Frequenz des binären Datenstroms um die Zahl  $n$  herabgesetzt, wobei  $n$  mindestens gleich "2" ist. Die Reichweite der Übertragung kann also ohne den Einsatz von Regeneratoren bei vorgegebener Datenrate erhöht werden. Durch die Speicherung der Pulsfolgen kann das Verhältnis von Taktfrequenz zu Symbolfrequenz klein gehalten werden. Bei vorgegebener Datenrate kann daher die erforderliche Taktfrequenz gesenkt werden. Das Verfahren erlaubt außerdem den Einsatz von Schaltkreisen mit höheren Gatterdurchlaufzeiten, da bei der hier eingesetzten Parallel/seriell-Wandlung zwischen je zwei Flip-Flops nur wenig Gatter benötigt werden. Die entsprechenden Schaltungen haben eine niedrige Stromaufnahme und eine geringe Störstrahlung. Es können außerdem preiswerte Digitalschaltungen eingesetzt werden.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen hervor.

Das Verfahren nach der Erfindung wird anhand der Zeichnungen als Ausführungsbeispiel erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 eine für das Verfahren einsetzbare Schaltung in einem Blockschaltbild.

Fig. 2 bei dem Verfahren verwendbare Pulsfolgen.

Fig. 3 eine gegenüber Fig. 1 ergänzte Schaltung.

Das Verfahren wird im folgenden für das bereits erwähnte 2B1Q-System erläutert. Dieses System hat sich als besonders günstig herausgestellt. "n" ist hier also "2". Grundsätzlich kann "n" auch größer als "2" sein. Allgemein können  $n$  zeitlich aufeinander folgende Bits des binären Datenstroms je einer von  $2^n$  Amplitudenstufen des Sendesignals zugeordnet werden. Die Symboldauer des  $2^n$ -stufigen, pulsamplitudenmodulierten Sendesignals erhöht sich dabei auf das  $n$ -fache der Dauer eines Bits des binären Datenstroms.

Für die Umcodierung des binären Datenstroms in quaternäre Amplitudenstufen gilt für das 2B1Q-System beispielsweise folgende Regel:

	Bitkombination (2B)	Amplitudenstufe (1Q)
	10	+3
	11	+1
	01	-1
	00	-3

Der für die Übertragung eingesetzte 2B1Q-Sender muß den ankommenden seriellen binären Datenstrom in

## DE 43 20 930 A1

Sendesignale umsetzen, die zur Übertragung auf Kupferleitern geeignet sind, insbesondere auf symmetrischen Doppeladern. Nach der Umcodierung des binären Datenstroms muß das hier 4-stufige, pulsamplitudenmodulierte Sendesignal erzeugt werden. Das wird beispielsweise wie folgt durchgeführt:

Der binäre Datenstrom D wird gemäß Fig. 1 einem Coder 1 zugeführt, in dem jeweils zwei zeitlich aufeinander folgende Bits in eine von vier Adressen umgesetzt werden. Der Coder 1 hat vier Ausgänge, von denen jeder eine dieser Adressen, entsprechend einer der Amplitudenstufen des Sendesignals repräsentiert. An den Coder 1 ist ein Speicher 2 angeschlossen, in dem vier Pulsfolgen mit unterschiedlichen Tastverhältnissen gespeichert sind. Das pulsamplitudenmodulierte, analoge Sendesignal hängt von diesen Tastverhältnissen ab.

Die Pulsfolgen setzen sich aus vier unterschiedlichen Gruppen D1 bis D4 zusammen, welche den vier verschiedenen Amplitudenstufen des Sendesignals zugeordnet sind. Die Gruppen D1 bis D4 sind zusammen mit der zeitlichen Dauer eines Sendesignals in Fig. 2 dargestellt. Jede der Gruppen D1 bis D4 ist im dargestellten Ausführungsbeispiel in drei gleichlange Pulse unterteilt. Die Anzahl der Pulse ist allgemein  $2^n - 1$ . Um die Taktfrequenz der Taktschaltung so klein wie möglich zu halten, ist es sinnvoll, die Dauer eines Pulses gleich der Periodendauer der Taktfrequenz zu machen.

Jede Pulsfolge besteht zweckmäßigerweise aus einer lückenlosen Aneinanderreihung von k gleichen Gruppen D1 bis D4. Dabei ist k eine ganze positive Zahl für die gilt:

$$k > 0; k = 1, 2, 3, \dots$$

Die Anordnung der Pulse innerhalb einer Gruppe D1 bis D4 soll symmetrisch bezüglich der Mittenachse B liegen. Damit ist sichergestellt, daß die Pulse aller Gruppen zeitlich immer an der gleichen Stelle liegen. Diese Stelle ist beispielsweise durch den Zeitpunkt A des in Fig. 2 dargestellten Sendesignals gegeben, der sich jeweils nach der Symboldauer TS wiederholt. Die den quaternären Amplitudenstufen des Sendesignals zugeordneten Pulsfolgen bestehen jeweils aus mindestens einer Gruppe D1 bis D4. Zur einfacheren und genaueren Formung des analogen Sendesignals werden aber mehr als eine Gruppe D1 bis D4 pro Pulsfolge eingesetzt. In bevorzugter Ausführungsform sind das beispielsweise jeweils 10 Gruppen D1 bis D4. Dabei gilt folgende Zuordnung:

<u>Amplitudenstufe</u>	<u>Gruppe</u>	<u>Pulsfolge</u>
+3	D1=111	111 111 111 111 111 111 111 111 111 111
+1	D2=101	101 101 101 101 101 101 101 101 101 101
-1	D3=010	010 010 010 010 010 010 010 010 010 010
-3	D4=000	000 000 000 000 000 000 000 000 000 000

Die Tastverhältnisse der Gruppen D1 bis D4 stehen untereinander im gleichen Verhältnis wie die quaternären Amplitudenstufen des Sendesignals. Die Gruppe D1 hat gemäß Fig. 2 mit drei Pulsen das Tastverhältnis "1", während das Tastverhältnis der Gruppe D4 "0" ist.

Die Symboldauer TS eines zu erzeugenden bzw. zu formenden mehrstufigen analogen Sendesignals wird gemäß Fig. 2 beispielsweise in 32 Taktzyklen unterteilt. Die Zeitdauer TP der einzelnen Pulse der vier Gruppen D1 bis D4 entspricht der zeitlichen Dauer TZ mindestens eines der Taktzyklen. Bei dieser Aufteilung der Symboldauer TS bilden  $k = 10$  Gruppen mit der Zeitdauer  $3 \times TP$  jeweils eine Pulsfolge. Der erste und der letzte Puls mit der Zeitdauer TP einer jeden Pulsfolge wird dann durch eine "0" aufgefüllt, damit sich 32 Pulse ergeben. Je größer k ist, desto größer wird die Genauigkeit der Pulsamplitudenmodulation. Bei der Unterteilung der Symboldauer TS in 32 Taktzyklen ergibt sich der weitere Vorteil, niedrigere Taktraten, wie beispielsweise den Bittakt des binären Datenstroms oder den Symboltakt, durch einfache Teiler leicht aus dem Haupttakt ableiten zu können. Die Frequenz des Haupttaktes ist in diesem Falle eine Zweierpotenz der Frequenzen von Symbol- bzw. Bittakt.

Der Speicher 2 wird in Abhängigkeit von der jeweiligen Bitkombination des binären Datenstroms vom Coder 1 adressiert. Vom Speicher 2 wird nach Maßgabe dieser Adresse des Coders 1 ein Parallel/seriell-Wandler mit der der jeweiligen quaternären Amplitudenstufe entsprechenden Pulsfolge geladen. Als Parallel/seriell-Wandler wird in bevorzugter Ausführungsform ein Schieberegister eingesetzt — im folgenden als "Schieberegister 3" bezeichnet. Das Laden des Schieberegisters 3 erfolgt mit dem Symboltakt. Die Datenrate des binären Datenstroms ist um den Faktor  $n = 2$  größer als die Symbolrate.

Die Pulsfolgen werden aus dem Schieberegister 3 seriell ausgelesen und einer Formungseinheit 4, beispielsweise einem Tiefpaß, zugeführt. Die Formungseinheit 4 erzeugt aus den Pulsfolgen das pulsamplitudenmodulierte Sendesignal, dessen Amplitudenstufung vom Tastverhältnis der Pulsfolgen bzw. der Gruppen D1 bis D4 abhängt. Das Sendesignal kann nach entsprechender Verstärkung über die angeschlossene Leitung übertragen werden.

## DE 43 20 930 A1

Um den Gleichanteil bei der Bildung des Sendesignals zu unterdrücken, kann die Schaltung gemäß Fig. 3 als an sich bekannte Gegentaktschaltung ausgeführt werden. Die Gruppen, aus denen die im Speicher 5 enthaltenen Pulsfolgen gebildet werden, sind invers zu den Gruppen, aus denen die im Speicher 2 enthaltenen Pulsfolgen gebildet werden. Die Pulsfolgen des Speichers 5 werden wieder in einen Parallel/seriell-Wandler, das Schieberegister 6, geladen. Die beiden Pulsfolgen der Schieberegister 3 und 6 werden zeitgleich ausgelesen. Sie werden der Formungseinheit 4 zugeführt, die dann beispielsweise ein symmetrisch aufgebautes Tiefpaßfilter ist.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur digitalen Signalübertragung, mit welchem Bits eines binären Datenstroms unter Einsatz eines Umsetzers als pulsamplitudenmoduliertes Sendesignal mit mindestens vier Amplitudenstufen über eine Leitung mit metallischen Leitern übertragen werden, dadurch gekennzeichnet,
  - daß zunächst Bitkombinationen von jeweils  $n \geq 2$  zeitlich aufeinander folgenden Bits des binären Datenstroms (D) durch einen Coder (1) in eine von  $2^n$  Adressen entsprechend  $2^n$  Amplitudenstufen des Sendesignals umcodiert werden,
  - daß vom Coder (1) in Abhängigkeit von der jeweils anstehenden Bitkombination eine Adresse an einen Speicher (2) übertragen wird, in dem eine der Anzahl der Amplitudenstufen des Sendesignals entsprechende Anzahl von Pulsfolgen mit unterschiedlichen Tastverhältnissen gespeichert ist, von denen jeweils eine einer der Amplitudenstufen zugeordnet ist,
  - daß nach Maßgabe der jeweiligen Adresse des Coders (1) jeweils eine der Pulsfolgen in einen Parallel/seriell-Wandler geladen wird und
  - daß der Inhalt des Wandlers kontinuierlich ausgelesen und einer Formungseinheit (4) zugeführt wird, deren Ausgangssignal als Sendesignal auf die Leitung gegeben wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Parallel/Seriell-Wandler ein Schieberegister (3) verwendet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Pulse der Pulsfolgen symmetrisch zu einer Mittenachse (B) angeordnet werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß je zwei Bits des binären Datenstroms (D) in eine von vier Adressen entsprechend einer von vier unterschiedlichen Amplitudenstufen eines quaternären Datenstroms umcodiert werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Symboldauer (TS) des Sendesignals in Taktzyklen unterteilt wird und daß jede Pulsfolge mindestens aus einer Gruppe (D1—D4) von Pulsen besteht, deren zeitliche Länge (TP) der zeitlichen Länge (TZ) eines der Taktzyklen ist.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Symboldauer (TS) des Sendesignals in 32 Taktzyklen unterteilt wird und daß jede Pulsfolge zehn Gruppen (D1—D4) von Pulsen umfaßt, wobei der erste und der letzte Puls jeweils mit einer "0" aufgefüllt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß hinter dem Coder (1) eine Gegentaktschaltung mit einem zweiten Speicher (5) und einem zweiten Parallel/seriell-Wandler eingesetzt wird.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

ZEICHNUNGEN SEITE 1

Nummer:

DE 43 20 930 A1

Int. Cl. 5:

H 04 L 25/49

Offenlegungstag:

5. Januar 1995

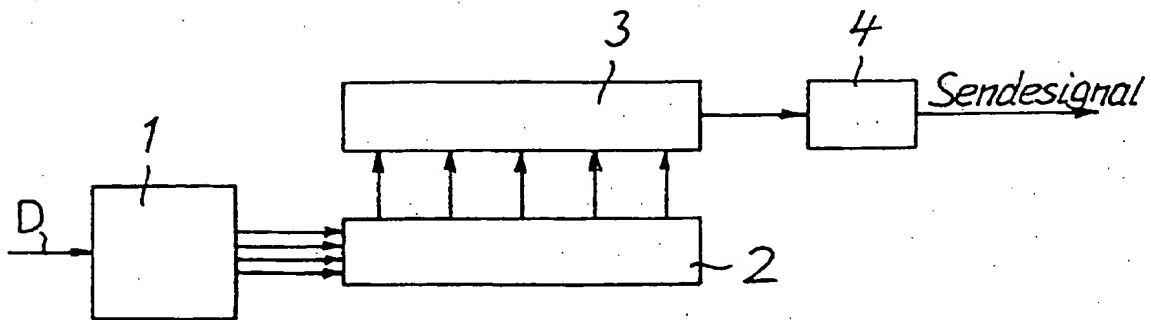


Fig. 1

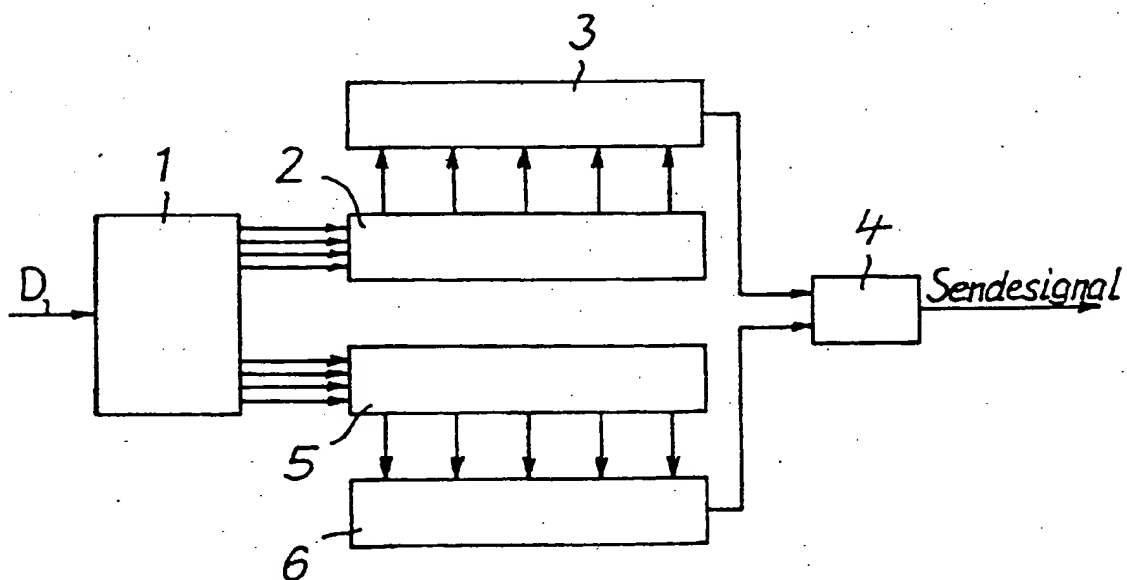


Fig. 3

ZEICHNUNGEN SEITE 2

Nummer:

DE 43 20 930 A1

Int. Cl.5:

H 04 L 25/49

Offenlegungstag:

5. Januar 1995

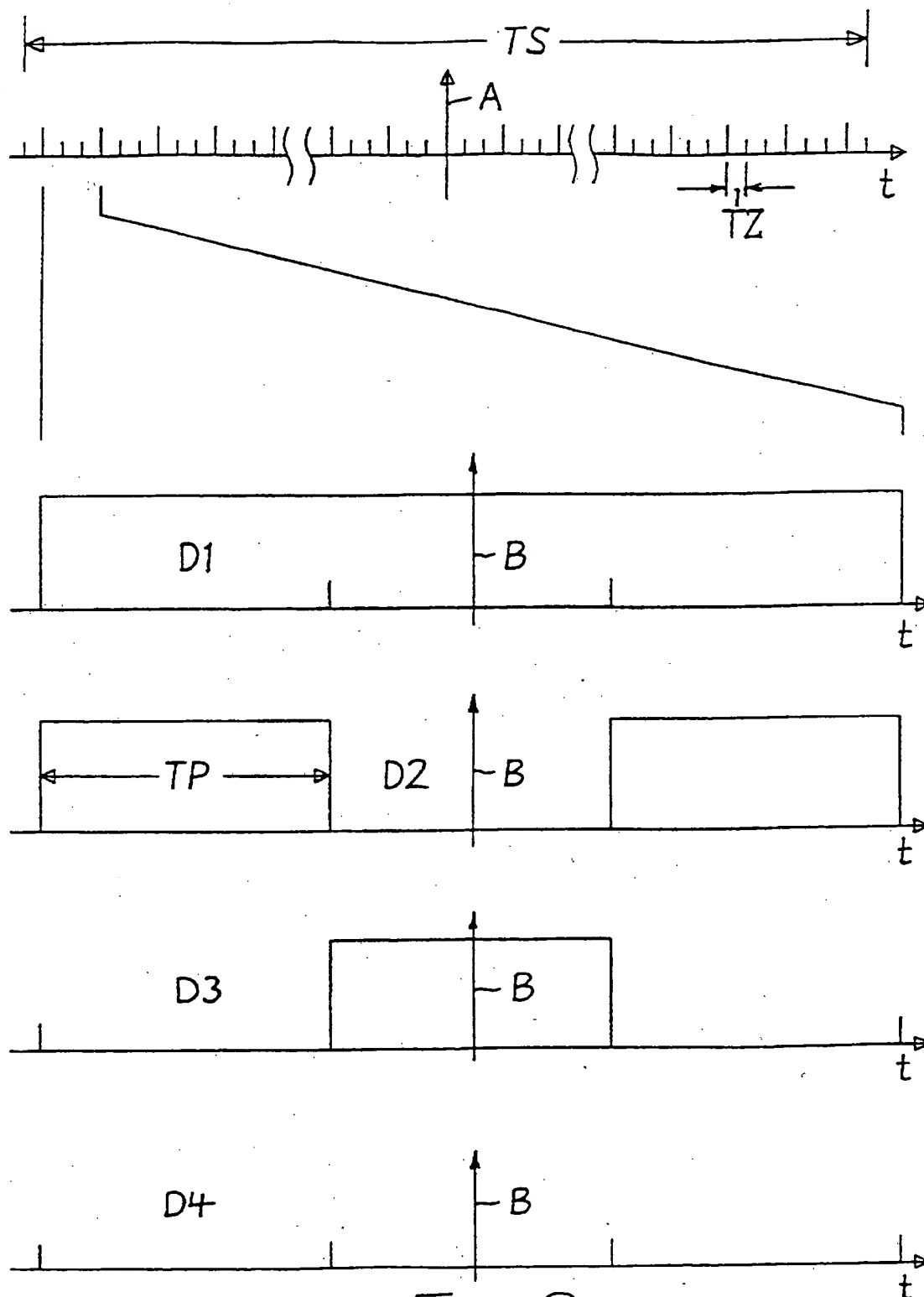


Fig. 2